

КРАТКИЕ СООБЩЕНИЯ

УДК 534.232

О ВЛИЯНИИ ВЕЛИЧИНЫ КОЭФФИЦИЕНТА  
ЭЛЕКТРОМЕХАНИЧЕСКОЙ СВЯЗИ НА ПОЛОСУ ПРОПУСКАНИЯ  
СТЕРЖНЕВЫХ ПЬЕЗОКЕРАМИЧЕСКИХ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЕЙ  
С ПЕРЕХОДНЫМ СЛОЕМ

Б. Н. Алексеев, Д. В. Дианов

Расчеты частотных характеристик преобразователей с переходным слоем показывают, что при определенных параметрах слоя полоса пропускания может быть расширена до 40–50% [1]. В указанных расчетах, однако, не учитывалось влияние прямого пьезоэффекта для преобразователей, работающих в режиме излучения. Такое допущение справедливо при возбуждении преобразователя на основе поперечного пьезоэффекта.

В настоящем сообщении приводится оценка влияния пьезоэлектрических свойств на некоторые характеристики преобразователя с переходным слоем, возбуждаемого на основе продольного пьезоэффекта.

Удельная мощность излучения односторонне нагруженного стержневого пьезокерамического преобразователя с одним переходным слоем определяется следующим выражением

$$(1) \quad P = \frac{P_0}{A^2 + \alpha_{23}^2 B^2},$$

где  $A = M \cos x_2 - 2\alpha_{12} N \sin x_2$ ,  $B = M \sin x_2 + 2\alpha_{12} N \cos x_2$ ,  $M = \operatorname{ctg}^2 \frac{x_1}{2} - \frac{2k_{33}^2}{x_1} \operatorname{ctg} \frac{x_1}{2} - 1$ ,

$$N = \operatorname{ctg} \frac{x_1}{2} - \frac{2k_{33}^2}{x_1}; \quad \alpha_{12} = \frac{z_1}{z_2}; \quad \alpha_{23} = \frac{z_2}{z_3}.$$

Здесь  $P_0$  — удельная мощность излучения преобразователя без переходного слоя на резонансе,  $k_{33}$  — коэффициент электромеханической связи пьезокерамики;  $z_1, z_2, z_3$  — удельные акустические сопротивления пьезокерамического стержня, слоя и среды соответственно,  $x_1, x_2$  — волновая длина стержня и волновая толщина слоя соответственно.

Влияние прямого пьезоэффекта учитывается в формуле (1) коэффициентами  $M$  и  $N$ , содержащими величину  $k_{33}^2$ .

В отсутствие переходного слоя резонансная частота преобразователя  $f_r$  определяется из условия  $N=0$ , что дает:

$$(2) \quad f_r = f_0 (1 - 0,406 k_{33}^2 - 0,165 k_{33}^4 - \dots),$$

где  $f_0$  — частота механического резонанса.

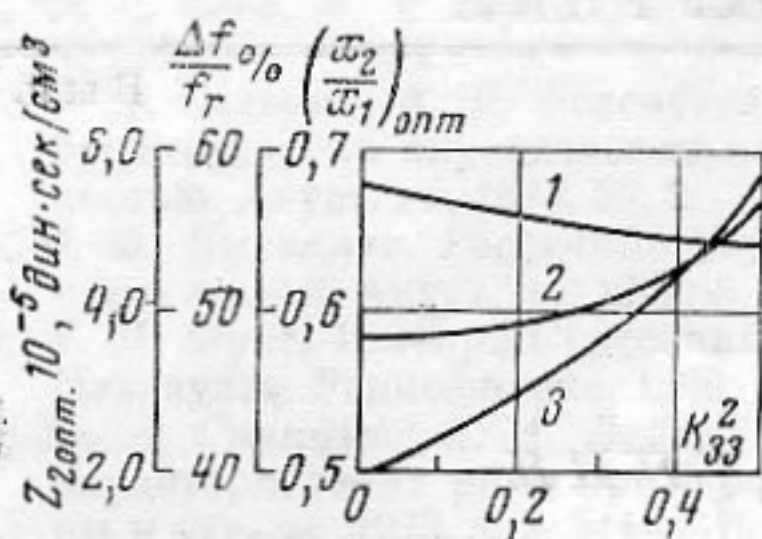
Из формул (1) и (2) с учетом потерь в преобразователе можно получить следующее выражение для относительной полосы пропускания:

$$(3) \quad \frac{\Delta f}{f_r} \approx \frac{2}{\pi \alpha_{12} \eta (1 - 0,406 k_{33}^2)},$$

где  $\eta$  — акустико-механический коэффициент полезного действия. Из формулы (3) видно, что увеличение  $k_{33}$  ведет к росту  $\Delta f/f_r$ .

Зависимость относительной полосы пропускания от  $k_{33}$  имеет место и для преобразователя с переходным слоем. По формуле (1) были проведены расчеты зависимости  $P$  от частоты для  $z_1 = 25 \cdot 10^5$  дин·сек/см<sup>3</sup>,  $z_3 = 1,5 \cdot 10^5$  дин·сек/см<sup>3</sup>,  $z_2 = (3 \div 7) \cdot 10^5$  дин·сек/см<sup>3</sup>,  $\frac{x_2}{x_1} = 0,4 \div 0,8$ ,  $k_{33}^2 = 0 \div 0,5$ . На основе полученных характеристик





были определены оптимальные параметры слоя  $z_{2\text{опт}}$  и  $\left(\frac{x_2}{x_1}\right)_{\text{опт}}$ , отвечающие максимальной

полосе пропускания при частотной характеристике с двумя одинаковыми резонансными максимумами, для различных значений  $k_{33}$ .

На фигуре приведены значения  $z_{2\text{опт}}$  (кривая 1),  $\Delta f/f_r$  % (кривая 2) и  $(x_2/x_1)_{\text{опт}}$  (кривая 3) в функции  $k_{33}^2$ . Видно, что с ростом  $k_{33}$  увеличивается относительная полоса пропускания. Имеющее при этом место увеличение относительной толщины слоя связано с понижением

$f_r$  согласно формуле (2). Удельная мощность излучения на резонансах, как это следует из формулы (1), выражается в виде:

$$(4) \quad P_r = \frac{2P_0}{\cos^2 \left[ \left(\frac{x_2}{x_1}\right)_{\text{опт}} x_{1r} \right] + \alpha_{23}^2 \sin^2 \left[ \left(\frac{x_2}{x_1}\right)_{\text{опт}} x_{1r} \right]}$$

где  $(x_2/x_1)_{\text{опт}}$  определяется по кривой 3 на фигуре, а  $x_{1r}$  — из условия  $N=0$ .

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Д. Б. Дианов, В. М. Кузнецов. Влияние переходных слоев на частотные характеристики стержневых пьезопреобразователей. Изв. ЛЭТИ, 1968, 63, 60—78.

Ленинградский электротехнический институт им. В. И. Ульянова (Ленина)

Поступила 15 июня 1972 г.

УДК 534.26

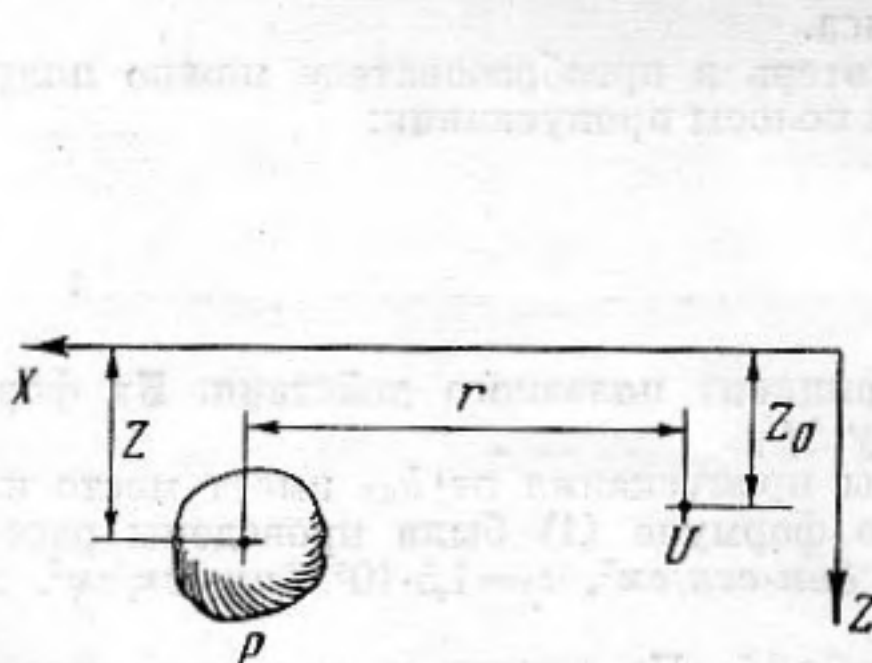
### СПЕКТРАЛЬНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ РАССЕЯНИЯ ЗВУКА ТЕЛОМ, ПОМЕЩЕННЫМ В ЗВУКОВОЙ КАНАЛ

А. А. Клещев, И. И. Клюкин

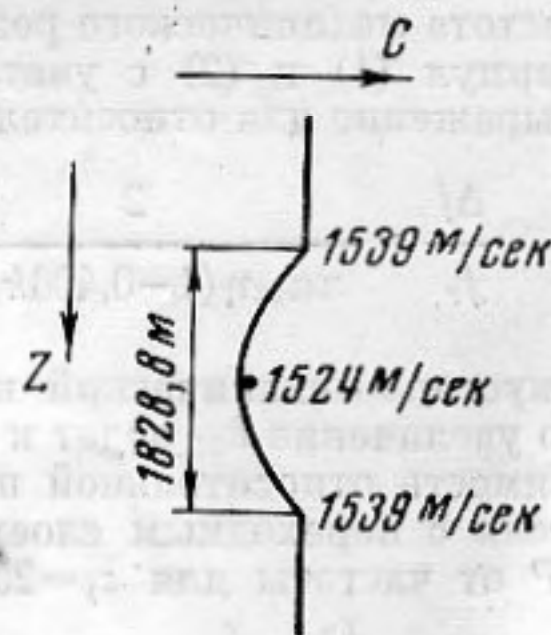
В работе [1] были вычислены энергетические спектры рассеянного поля стационарного случайного сигнала для тел, находящихся в бесконечной среде, характеризуемой постоянной скоростью звука  $c$  и коэффициентом затухания  $\beta$ . Усложним задачу, полагая, что в среде скорость звука меняется с глубиной, и по-прежнему будем интересоваться энергетическим спектром  $G(\omega)$  рассеянного телом сигнала в месте нахождения источника ( $\omega$  — круговая частота). Точечный источник  $U$  стационарного случайного сигнала с известным энергетическим спектром  $G_1(\omega)$  поместим на глубине  $Z_0$ , а на расстоянии  $r$  от него по горизонтали и на глубине  $Z$  расположим рассеивающее тело  $P$  (фиг. 1). По аналогии с [1] энергетический спектр  $G(\omega)$  можно представить в виде произведения

$$(1) \quad G(\omega) = G_1(\omega) G_2(\omega) G_3(\omega),$$

где  $G_2(\omega)$  представляет энергетическую передаточную функцию среды и рассеивателя, а  $G_3(\omega)$  — энергетический спектр, полученный с учетом затухания звука в среде на расстоянии  $2r$ .



Фиг. 1



Фиг. 2